

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-218624

(43)Date of publication of application : 10.08.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 10-019704

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 30.01.1998

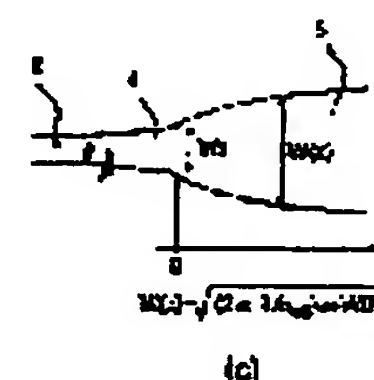
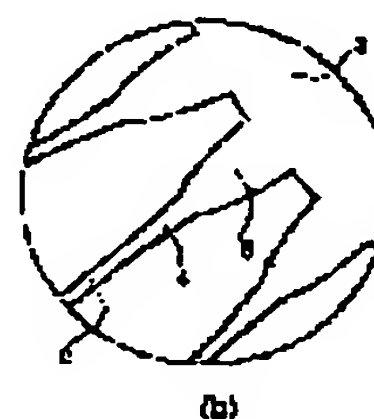
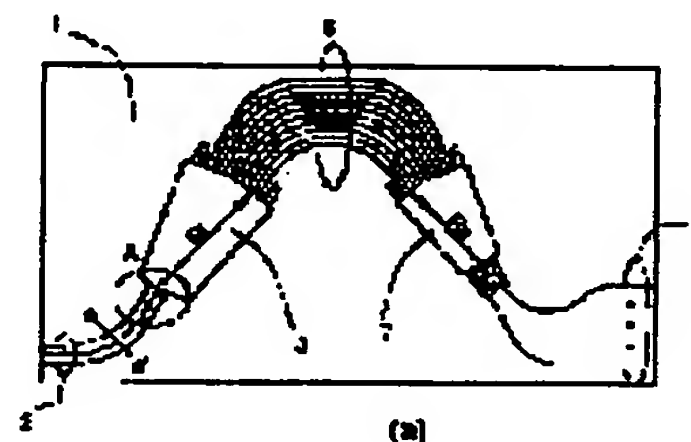
(72)Inventor : OKAWA MASAHIRO  
UETSUKA NAOTO  
MARU KOICHI

## (54) LIGHT WAVELENGTH MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light wavelength multiplexer/demultiplexer which has a wide passing range and is reduced in loss by making the slab radius of an output-side slab waveguide less than that of an input-side slab waveguide and providing a multimode waveguide between an input waveguide and input-side slab waveguide.

**SOLUTION:** The radius  $R_o$  of curvature of the output-side slab waveguide 7 is smaller than that of the input-side slab waveguide  $R_i$  and the multimode waveguide such as an input-side tapered waveguide 4 and a parabolic waveguide 5 is provided between each input-side waveguide 2 and the input-side slab waveguide 3. When signal light is propagated to the input-side slab waveguide 3, its electric field distribution becomes a nearly rectangular distribution. Since the radius  $R_o$  of the curvature is smaller than the radius  $R_i$  of curvature, the electric field distribution right before an output waveguide 8 becomes a distribution which is reduced in an (x) direction. Therefore, wavelength characteristics whose graph is nearly rectangular while representing the wavelength on its lateral axis and the loss on the longitudinal axis are maintained and further the loss is reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.04.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2861996

[Date of registration]

11.12.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-218624

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 B 6/12

識別記号

F I  
G 0 2 B 6/12

F

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-19704

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月30日

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 大川 正浩

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立  
電線株式会社オプトロシステム研究所内

(72) 発明者 上塚 尚登

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立  
電線株式会社オプトロシステム研究所内

(72) 発明者 丸 浩一

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立  
電線株式会社オプトロシステム研究所内

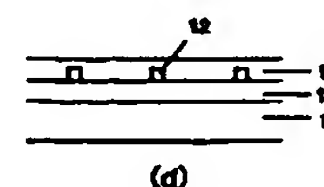
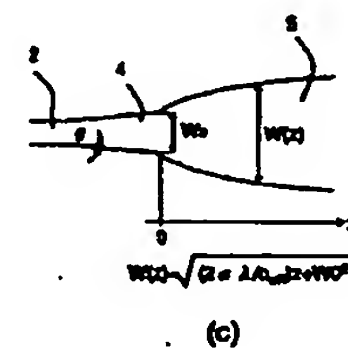
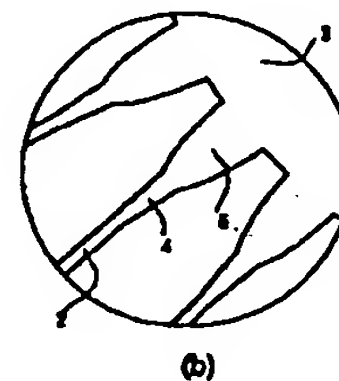
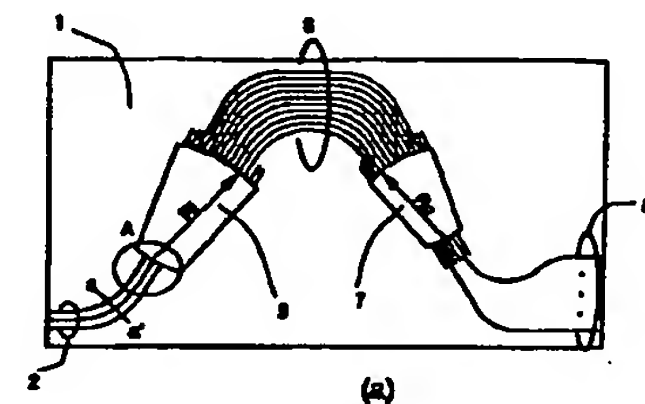
(74) 代理人 弁理士 絹谷 信雄

(54) 【発明の名称】 光波長合分波器

(57) 【要約】

【課題】 通過域が広く、損失が低減される光波長合分波器を提供する。

【解決手段】 出力側スラブ導波路7のスラブ半径 $R_o$ を入力側スラブ導波路3のスラブ半径 $R_i$ よりも小さくして、出力側の電界分布の幅を狭め、入力導波路2と入力側スラブ導波路3との間にマルチモード導波路4, 5を設けて電界分布を矩形にする。波長特性が矩形になり通過域が広くなると共に、損失が低減される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、波長分割多重光信号を入力する入力導波路と、前記波長分割多重光信号を分波して出力する複数本の出力導波路と、導波路長差を有する複数本の導波路からなるアレイ導波路と、前記入力導波路を前記アレイ導波路に接続する入力側スラブ導波路と、前記アレイ導波路を前記出力導波路に接続する出力側スラブ導波路とを備える光波長合分波器において、前記出力側スラブ導波路のスラブ半径が前記入力側スラブ導波路のスラブ半径よりも小さく、前記入力導波路と前記入力側スラブ導波路との間にマルチモード導波路が設けられていることを特徴とする光波長合分波器。

【請求項 2】 前記入力導波路にスリットが設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の光波長合分波器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長分割多重光信号の合分波に用いられる光波長合分波器に係り、特に、通過域が広く、損失が低減される光波長合分波器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光通信の分野においては、複数の信号を別々の波長の光にのせ、1本の光ファイバで伝送し、情報容量を拡大する方法（波長分割多重方式）が検討されている。この方法においては、異なる波長の光を合波あるいは分波する合分波器が重要な役割を果たしている。なかでもアレイ回折格子を用いた光波長合分波器は狭い波長間隔で波長の多重数を大きくすることができ、有望視されている。

【0003】 波長分割多重方式伝送システムに用いる光波長合分波器には、半導体レーザ光源の波長制御許容範囲、光ファイバアンプの利得特性、分散補償ファイバの波長特性等と関係して、波長通過域の広帯域化、平坦化、および通過域の急峻な立ち上がり・立ち下がりが重要な課題である。これまで、通過域を広帯域化する方法として、入力導波路と入力側スラブ導波路とのインタフェースでの信号光の電界分布を矩形に近い形状にする方法が報告されている。この方式では、入力導波路にスリットを設ける例（図 5：本出願人による出願：特願平 8-122577 号）や、入力導波路の幅を入力側スラブ導波路に近づくに従い、パラボリック形状に増加させる例（図 6：K.Okamoto and A.Sugita; Flat spectral response arrayed-waveguide grating multiplexer with parabolic waveguide horns; ELECTRONICS LETTERS, vol.32 No.18 pp1661-1662 参照）がある。図 5、図 6 の各部の符号は、本発明の図 1 と同じであるから説明は省略する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、入力導波路と入力側スラブ導波路とのインタフェースでの信号

光の電界分布を矩形に近い形状にすると、出力導波路の固有モードとの重畳積分で決定される波長特性は、通過域は広がるが損失は増加してしまう。

【0005】 そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、通過域が広く、損失が低減される光波長合分波器を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために本発明は、基板上に、波長分割多重光信号を入力する入力導波路と、前記波長分割多重光信号を分波して出力する複数本の出力導波路と、導波路長差を有する複数本の導波路からなるアレイ導波路と、前記入力導波路を前記アレイ導波路に接続する入力側スラブ導波路と、前記アレイ導波路を前記出力導波路に接続する出力側スラブ導波路とを備える光波長合分波器において、前記出力側スラブ導波路のスラブ半径が前記入力側スラブ導波路のスラブ半径よりも小さく、前記入力導波路と前記入力側スラブ導波路との間にマルチモード導波路が設けられているものである。

【0007】 前記入力導波路にスリットが設けられてもよい。

## 【0008】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0009】 図 1 に、本発明の一実施形態としてアレイ導波路回折格子を用いた光波長合分波器の構成を示す。図 1 (a) 及び図 1 (b) に示されるように、この光波長合分波器は、基板 1、複数の入力導波路 2、曲率半径  $R_i$  の入力側スラブ導波路 3、入力側テーパ導波路 4、パラボリック形状導波路 5、隣接する導波路長が  $\Delta L$  ずつ異なるアレイ導波路 6、曲率半径  $R_o$  の出力側スラブ導波路 7、複数の出力導波路 8 から構成されている。

【0010】 この光波長合分波器は、入力側と出力側とでスラブ導波路の曲率半径を変えた非対称スラブ構造を有するもので、出力側スラブ導波路 7 の曲率半径  $R_o$  が入力側スラブ導波路 3 の曲率半径  $R_i$  よりも小さく形成されている。また、各入力導波路 2 と入力側スラブ導波路 3 との間に、それぞれ入力側テーパ導波路 4、パラボリック形状導波路 5 等のマルチモード導波路が設けられている。

【0011】 図 1 (c) に示されるように、入力側テーパ導波路 4 は、一方の端部が入力導波路 2 と同じ幅に形成されて入力導波路 2 に接続され、この端部より反対側の端部までは一定角度  $\theta$  で幅が広がるように形成されている。パラボリック形状導波路 5 は、一方の端部が入力側テーパ導波路 4 の幅広側の端部と同じ幅に形成されて入力側テーパ導波路 4 に接続され、この端部の幅を  $W_0$  としたとき、長手方向 ( $z$  方向) の位置  $z$  おける幅  $W(z)$  が、

## 【0012】



【数1】

$$W(z) = \sqrt{(2\alpha \lambda / n_{\text{eff}})z + W_0^2}$$

【0013】に従って広がるように形成されている。パラボリック形状導波路5の幅広側の端部は入力側スラブ導波路3に接続されている。

【0014】また、図1(d)に示されるように、光波長合分波器は、シリコン等により形成された基板1上に石英ガラスにより形成されたバッファ層10が設けられ、そのバッファ層10上に導波路となるコア12及びコア12を覆うクラッド9が設けられたものである。

【0015】なお、基板1を石英ガラスにより形成した場合には、バッファ層10を省略することができる。

【0016】まず、信号光の流れを順を追って説明する。

【0017】入力導波路2から入力側スラブ導波路3に入射しようとする波長多重信号の信号光は、入力側テーパ導波路4、パラボリック形状導波路5を経由して入力側スラブ導波路3に達する。入力側スラブ導波路3内において、水平方向（導波路の幅方向）の閉じ込めがないために、信号光は広がり、この広がった信号光がアレイ導波路6に導波される。

【0018】アレイ導波路6では、信号光が各導波路の導波路長の違いに基づき位相差を受け、その後、出力側スラブ導波路7へと伝搬する。このとき、アレイ導波路6で受ける位相差が波長によって異なるので、波長多重信号の各信号光は波長によって異なる点に集光される。それぞれの波長の信号光が出力導波路8の各導波路に別れて伝搬し、出射される。

【0019】上記の流れにおいて信号光が入力側スラブ導波路3に伝搬するとき、その電界分布は、入力側テーパ導波路4、パラボリック形状導波路5の屈折率分布の変化に対応し、図2に示すような矩形に近い分布となる。図2は、横軸が導波路の幅方向の位置を示し、縦軸が電界強度を示す。即ち、電界分布は、導波路の所定の幅の内側ではほぼ一定の電界強度を有し、その外側では電界強度が非常に小さくなるので、分布グラフが矩形に近い形状を呈する。

【0020】2つのスラブ導波路（入力側スラブ導波路3と出力側スラブ導波路7）は、それぞれレンズとして機能するが、互いの曲率半径が異なるために、入力側スラブ導波路3とパラボリック形状導波路5とのインタフェースでの電界分布は、出力側スラブ導波路7と出力導波路8とのインタフェースで再現されず、後者での電界分布はx方向（導波路の幅方向）に $R_o/R_i$ 倍された分布となる。曲率半径 $R_o$ が曲率半径 $R_i$ より小さいことから、出力導波路8直前での電界分布は、x方向に縮小した分布となる。従って、出力導波路8直前での電界分布と出力導波路の固有モードとの重畳積分によって決

定される波長特性は、矩形の形状、即ち横軸を波長とし縦軸を損失とした特性グラフが矩形に近い形状を呈するような波長特性に保たれ、しかも低損失化される。

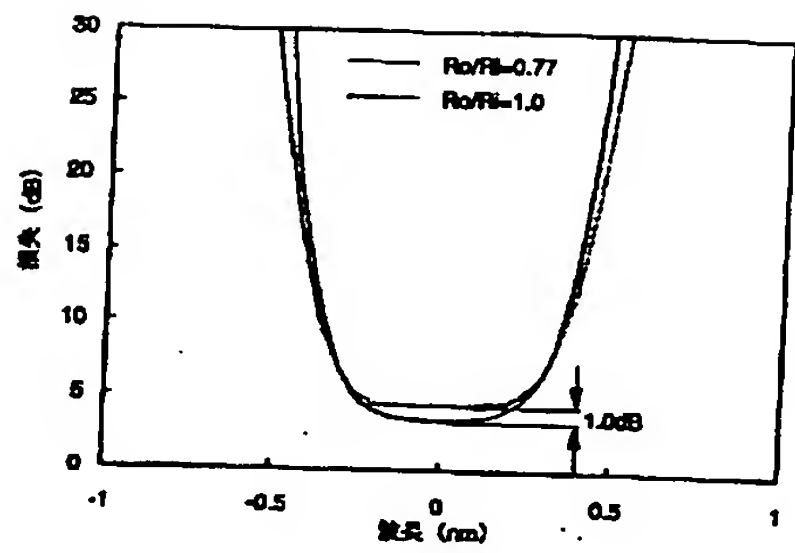
【0021】図3に、本発明のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器の波長特性のシミュレーション結果を示す。クラッドの屈折率 $n_{cl}=1.4574$ 、コアの屈折率 $n_{co}=1.4692$ 、比屈折率差 $\Delta=0.8\%$ 、チャネル導波路の屈折率は $6 \times 6 \mu m^2$ とした。また、入力側テーパ導波路4のテーパ広がり角度 $\theta=0.5^\circ$ 、パラボリック形状導波路5の入力部でのコア幅 $W_0=8 \mu m$ 、パラボリック形状導波路5の最大コア幅を $30 \mu m$ 、 $\alpha=1.5$ とした。分波間隔は、周波数において $100 GHz$ （波長において $\Delta\lambda=0.8 nm$ ）としてシミュレーションした。

【0022】図3には、入力側スラブ導波路3の曲率半径 $R_i$ と出力側スラブ導波路7の曲率半径 $R_o$ との比 $R_o/R_i$ が $0.77$ の場合（本発明；実線）と、 $R_o/R_i$ が $1.0$ の場合（比較例；破線）とが示されている。比較例に比べ本発明では約 $1.0 dB$ の低損失化が図られている。なお、このときの帯域幅は、 $3 dB$ 帯域幅が $0.59 nm$ であり、比較例（ $3 dB$ 帯域幅が $0.63 nm$ ）に比べ、ほぼ同等の帯域幅となっている。

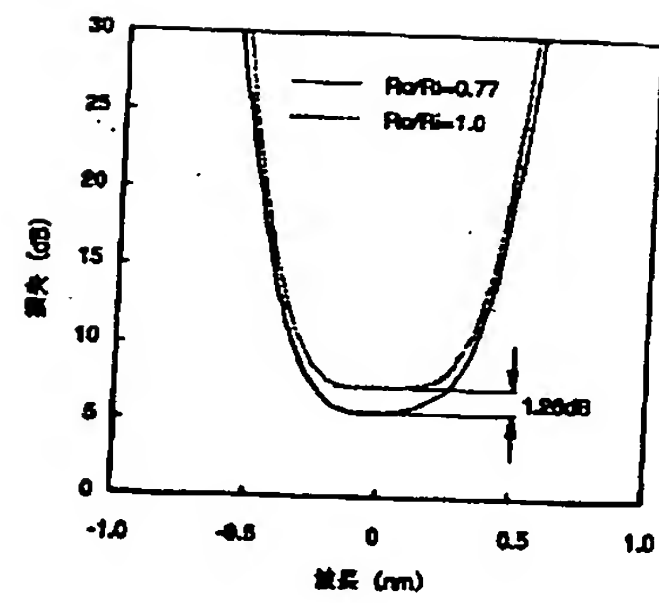
【0023】次に、本発明のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器の試作について説明する。基板1には石英ガラス基板を用い、コア12は、チタンを添加した石英ガラスにより形成した。クラッドの屈折率 $n_{cl}=1.4574$ 、コアの屈折率 $n_{co}=1.4692$ 、比屈折率差 $\Delta=0.8\%$ 、チャネル導波路の屈折率は $6 \times 6 \mu m^2$ とした。また、入力側テーパ導波路4のテーパ広がり角度 $\theta=0.5^\circ$ 、パラボリック形状導波路5の入力部でのコア幅 $W_0=8 \mu m$ 、パラボリック形状導波路5の最大コア幅を $30 \mu m$ 、 $\alpha=1.5$ とした。スラブ半径は、対称スラブ構造（比較例）の場合、 $R_i=R_o=14.5 m$ （ $R_o/R_i=1$ ）であり、非対称スラブ構造（本発明）の場合、入力側スラブ導波路3の曲率半径 $R_i=14.5 m$ 、出力側スラブ導波路7の曲率半径 $R_o=11.2 m$ （ $R_o/R_i=0.77$ ）である。アレイ本数は、対称スラブ構造、非対称スラブ構造とも $180$ 本とした。分波間隔を周波数において $100 GHz$ （波長において $\Delta\lambda=0.8 nm$ ）とするため、非対称スラブ構造の場合の出力導波路ピッチを対称スラブ構造の場合の出力導波路ピッチの $0.77$ 倍とした。

【0024】図4に、上記試作による素子の波長損失特性を示す。対称スラブ構造（比較例；破線）の場合、損失が $6.89 dB$ 、 $3 dB$ 帯域幅が $0.63 nm$ 、 $20 dB$ 帯域幅が $1.08 nm$ であるのに対し、非対称スラブ構造（本発明；実線）の場合、損失が $5.63 dB$ 、 $3 dB$ 帯域幅が $0.63 nm$ 、 $20 dB$ 帯域幅が $1.11 nm$ であった。本発明により、特性グラフが矩形を呈するような波長特性が保たれ、しかも損失が $1.26 d$

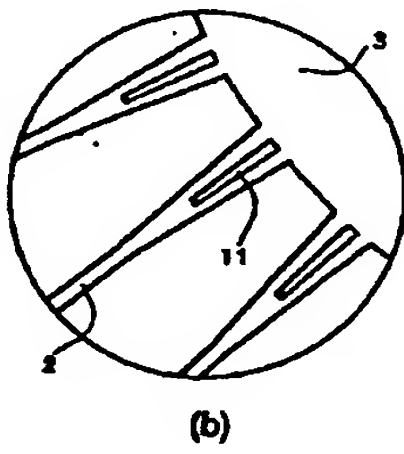
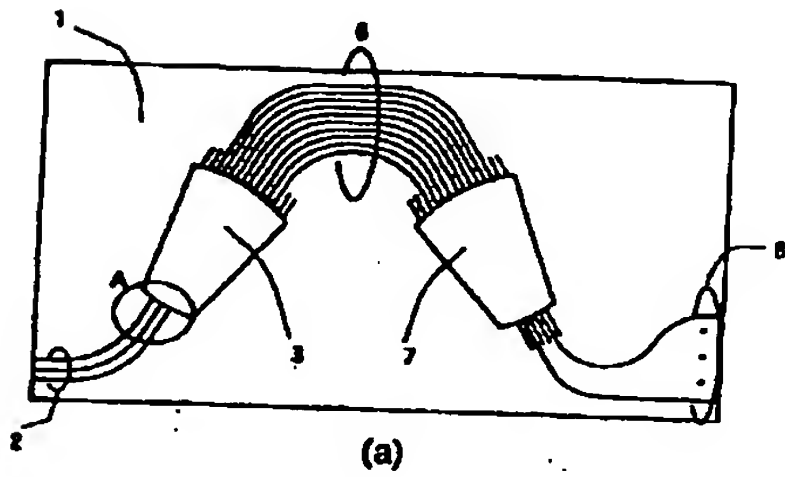
【図3】



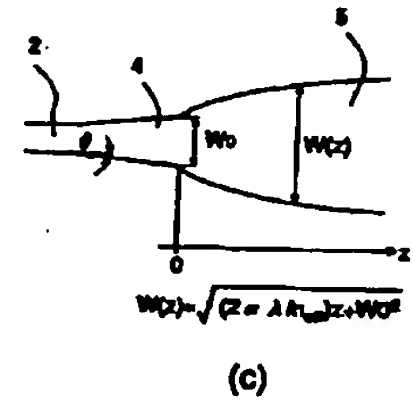
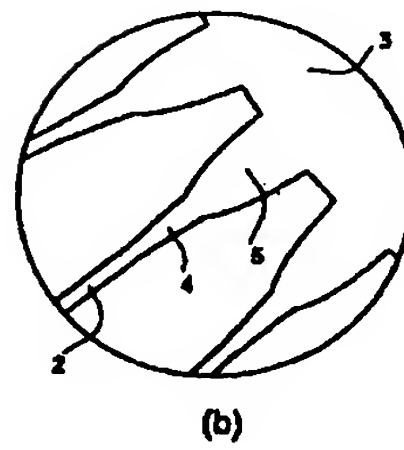
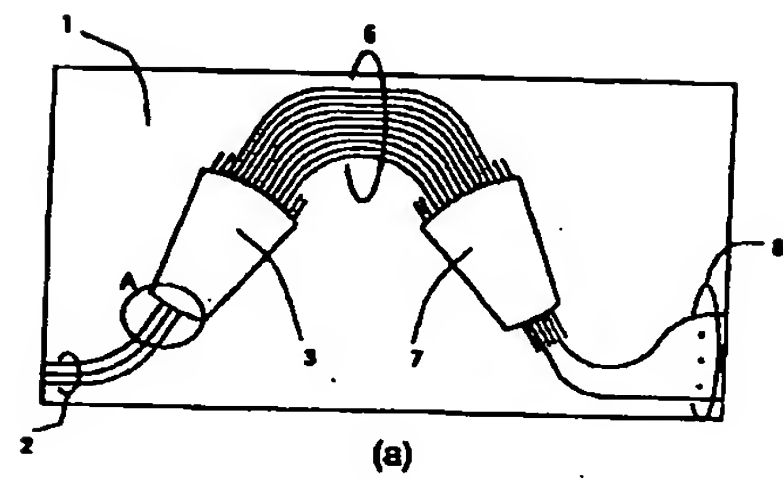
【図4】



【図5】



【図6】



B低減されたことになる。

【0025】また、本発明のように非対称スラブ構造を用いると、出力側スラブ導波路7の半径を小さくできるので、素子サイズが小型にできるという利点がある。

【0026】なお、上記の実施形態では、入力導波路2と入力側スラブ導波路3との間に、パラボリック構造の導波路を設けたが、これに限るものでなく、入力導波路2と入力側スラブ導波路3とのインタフェースでの電界分布を矩形に近付ける手段として、スリット構造(図5参照)や他のマルチモード導波路を用いてもよい。

【0027】

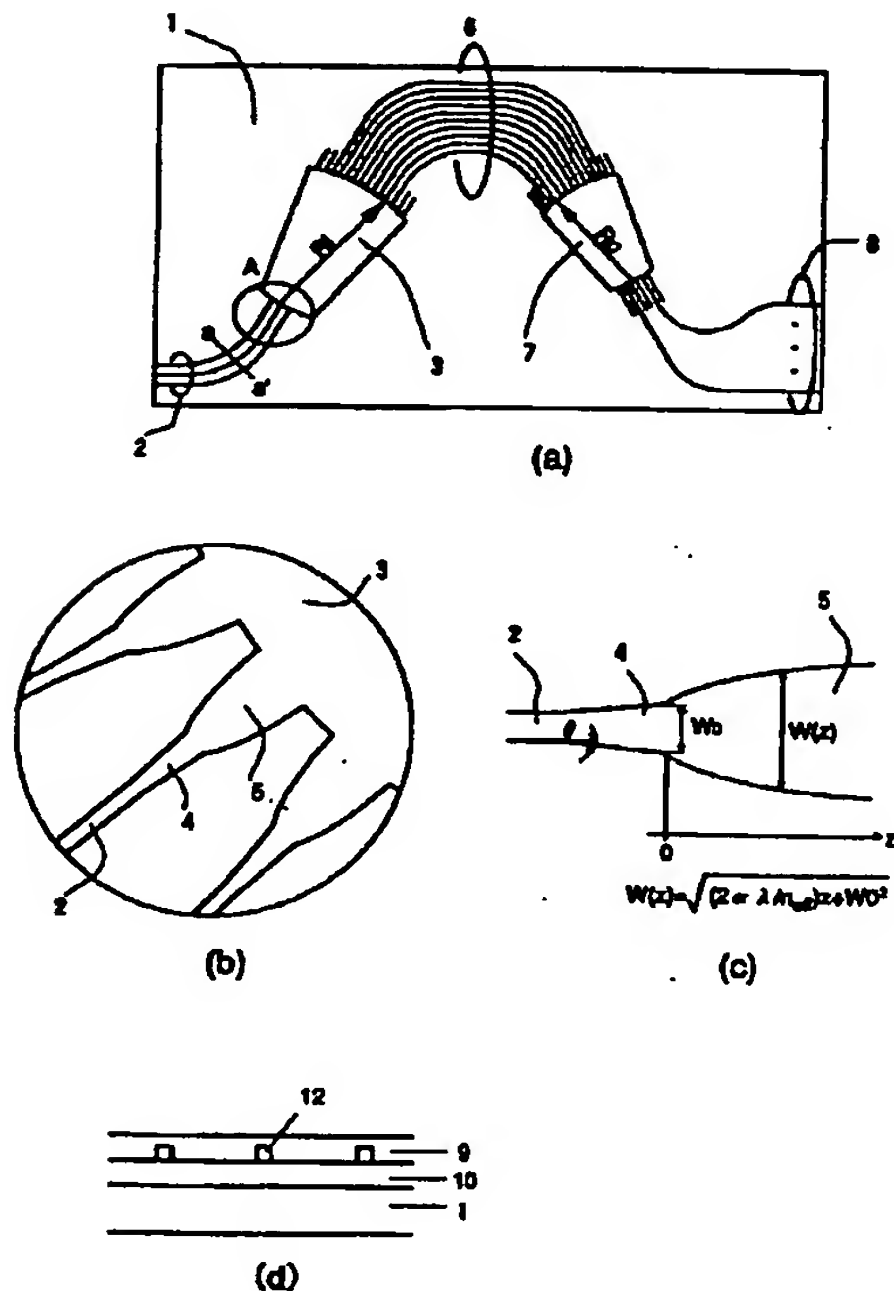
【発明の効果】本発明は次の如き優れた効果を発揮する。

【0028】(1) 入力導波路と入力側スラブ導波路との間に電界分布を矩形に近付けるための構成を持つアレイ導波路回折格子型光波長合分波器の出力側スラブ導波路のスラブ半径を入力側スラブ導波路のスラブ半径よりも小さくすることによって、通過域を平坦かつ広帯域に保ったまま低損失化が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示す光波長合分波器の構成図であり、(a)は平面図、(b)は円A内の拡大図、(c)は入力側テーバ導波路及びパラボリック形状

【図1】



導波路の平面図、(d)はa-a'における断面図である。

【図2】入力側スラブ導波路入力部における電界強度分布図である。

【図3】出力導波路入力部における波長損失特性図である。

【図4】出力導波路入力部における波長損失特性図である。

【図5】従来の光波長合分波器の構成図であり、(a)は平面図、(b)は円A内の拡大図である。

【図6】従来の光波長合分波器の構成図であり、(a)は平面図、(b)は円A内の拡大図、(c)は入力側テーバ導波路及びパラボリック形状導波路の平面図である。

【符号の説明】

- 1 基板
- 2 入力導波路
- 3 入力側スラブ導波路
- 4 入力側テーバ導波路
- 5 パラボリック形状導波路
- 6 アレイ導波路
- 7 出力側スラブ導波路
- 8 出力導波路

【図2】

